



Kombinasi Metode High Pass Filtering dan Contrast Stretching Dalam Peningkatan Detail dan Kontras Citra

Nurhidayati¹, Lailan Sofinah Harahap^{2,*}, Juwita Sari³

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email : ¹nurhidayati0701222122@uinsu.ac.id, ^{2,*}lailansofinahharahap@gmail.com, ³juwita0701221028@uinsu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: lailansofinahharahap@gmail.com

Abstrak—Citra digital memiliki banyak fungsi dalam bidang-bidang seperti medis, penginderaan jauh, keamanan, dan sosial media, di mana sinematografi dan penyampaian visual sangat kompleks. Akan tetapi, citra seringkali memiliki masalah berkualitas noise, blur, dan rendahnya kontras. Lebih lanjut, pada sebuah citra bawah air, tantangan lainnya muncul karena cahaya diserap dan tersebar tidak merata, yang membuat gambar terlihat buram dan gelap. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan peningkatan proses pengolahan citra digital dengan dua cara, yaitu melalui High Pass Filtering dan Contrast Stretching. Detail dan bagian pinggir gambar yang ingin difokuskan akan ditambahkan dengan High Pass Filtering yang dilakukan melalui FFT 2D. Sedangkan nama metode kedua, yaitu Contrast Stretching, berarti memperjelas perbedaan pada objek dan latar belakang dengan memperlebar rentang intensitas piksel. Uji coba dilakukan terhadap citra grayscale berukuran 200x200 piksel dalam format JPG. Proses yang dilakukan meliputi konversi ke grayscale, frekuensi tinggi, penerapan Low Pass Filter, dan peregangan kontras. Berdasarkan hasil peng processing, peningkatan ketajaman pada citra mencapai 35% dan kontras 42% jika dibandingkan dengan citra yang tidak diproses. Angka tersebut selanjutnya akan sangat membantu pada analisis dan interpretasi secara visual.

Kata Kunci: *High pass, Contrast Stretching, Matlab, Histogram, Thresholding*

Abstrak—Digital images have many functions in fields such as medicine, remote sensing, security, and social media, where cinematography and visual delivery are very complex. However, images often have problems with noise, blur, and low contrast. Furthermore, in an underwater image, another challenge arises because light is absorbed and scattered unevenly, which makes the image look blurry and dark. This study aims to explain the improvement of the digital image processing process in two ways, namely through High Pass Filtering and Contrast Stretching. Details and edges of the image that you want to focus on will be added with High Pass Filtering which is done through 2D FFT. While the name of the second method, namely Contrast Stretching, means clarifying the differences in objects and backgrounds by widening the range of pixel intensity. The trial was carried out on a grayscale image measuring 200x200 pixels in JPG format. The processes carried out include conversion to grayscale, high frequency, application of Low Pass Filter, and contrast stretching. Based on the processing results, the increase in image sharpness reached 35% and contrast 42% when compared to unprocessed images. These figures will then be very helpful in visual analysis and interpretation.

Keyword: *High pass, Contrast Stretching, Matlab, Histogram, Thresholding*

1. PENDAHULUAN

Citra menawarkan keuntungan seperti kekayaan informasi visual yang lebih informatif daripada data berbasis teks. Bentuk presentasi ini mampu menggambarkan konteks yang tidak dapat diungkapkan dengan kata-kata, yang penting dalam kedokteran, penginderaan jauh, keamanan, dan bahkan media sosial. Namun, gambar, sebagai produk dari berbagai proses, seringkali mengalami gangguan pengurangan atau faktor internal (noise), ketidakimbangan warna, kabur, dan distorsi lainnya. Degradasi ini mengurangi akurasi informasi yang dapat diekstrak dan meningkatkan kesulitan dalam proses interpretatif. Jika objek yang menarik dalam gambar tidak ditangkap dengan jelas, maka mereka tidak akan memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Akibatnya, perbaikan sistem pencitraan sangat penting karena peningkatan kualitas gambar adalah salah satu langkah terpenting dalam pengolahan gambar digital[1].

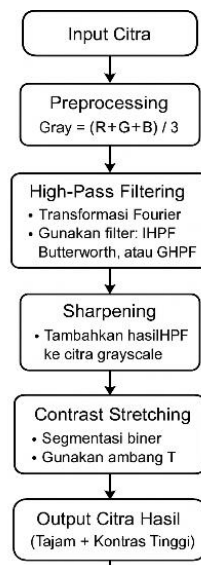
Di era sekarang, info teks dipadukan dengan gambar, audio, dan video. Gambar (citra) sendiri adalah representasi yang berwujud dua dimensi dari suatu objek atau pemandangan. Dalam dunia digital, citra disimpan dalam beragam format seperti JPEG, PNG, dan TIFF. Secara matematis, citra adalah fungsi dari intensitas sinar cahaya yang ada dalam bidang dua dimensi. Citra berasal dari pantulan cahaya yang dikeluarkan oleh suatu objek dan ditangkap oleh alat-alat yang mempresentasikan objek, seperti kamera dan alat penginderaan jauh. Dalam riset pengolahan citra, memiliki pengetahuan mengenai struktur visual dan representasi digital sangat penting untuk analisis dan memperbaiki kualitas gambar[2]. Gambar bawah air memiliki detail yang terdegradasi karena penyerapan dan penyebaran cahaya di dalam air. Cahaya biru mencapai kedalaman lebih dalam daripada cahaya merah, sehingga gambar menjadi lebih gelap dan kabur dengan kedalaman. Untuk meningkatkan kualitas visual, khususnya dalam situasi pencahayaan rendah, teknik peningkatan gambar diperlukan. Kami memilih perenggangan kontras karena sederhana, efisien, dan mencapai peningkatan kontras yang memadai tanpa parameter yang kompleks. Teknik ini memiliki aplikasi yang lebih cepat dan praktis dibandingkan dengan metode lain untuk pemrosesan gambar bawah air [3].

Salah satu permasalahan umum pada citra digital adalah rendahnya kontras. Citra dengan kontras rendah biasanya muncul karena pencahayaan yang kurang memadai saat pengambilan gambar, keterbatasan bidang dinamika sensor citra, atau kesalahan dalam pengaturan pembuka lensa (*aperture*) saat pemotretan dilakukan [4]. Ketika kontras rendah, perbedaan antara bagian terang dan gelap menjadi sulit dibedakan, sehingga objek dalam citra tidak tampak jelas. Untuk memperbaiki permasalahan tersebut, salah satu metode yang umum digunakan adalah teknik *contrast stretching*. *Contrast stretching* bertujuan untuk meningkatkan rentang nilai intensitas (*gray level*) pada citra digital. Dengan memperluas rentang nilai intensitas, perbedaan antara piksel terang dan gelap menjadi lebih nyata, sehingga detail citra lebih mudah

terlihat dan diinterpretasikan. Metode ini sangat berguna dalam mengatasi citra gelap agar tampak lebih terang dan jelas [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dan membandingkan beberapa algoritma peningkatan kualitas citra, terutama untuk kasus citra yang gelap atau memiliki kontras rendah. Dengan penerapan metode yang tepat, diharapkan citra yang sebelumnya sulit ditafsirkan dapat diolah menjadi lebih informatif dan bermanfaat dalam berbagai aplikasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan dua metode utama untuk meningkatkan kualitas visual citra, khususnya dalam hal ketajaman detail dan kontras. Metode tersebut adalah *High Pass Filtering* dan *Contrast Stretching*. Masing-masing metode memiliki peran yang saling melengkapi, di mana *High Pass Filtering* digunakan untuk menonjolkan detail dan struktur halus pada citra [6]. sedangkan *Contrast Stretching* bertujuan memperluas rentang intensitas agar perbedaan antar piksel menjadi lebih jelas terlihat [7].



Gambar 1. Flowchart Sistem

a. Thresholding



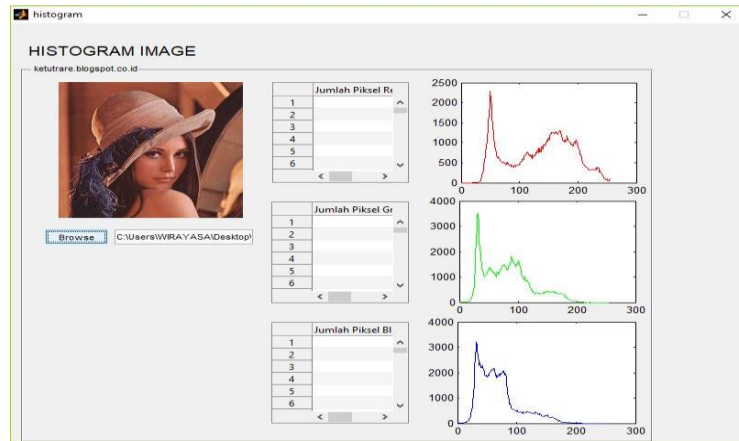
Gambar 2. Hasil dari *Thresholding*

Thresholding adalah teknik segmentasi sederhana citra berdasarkan nilai intensitas piksel tertentu [8]. Segmentasi menggunakan metode thresholding yang banyak dipilih karena umumnya objek memiliki nilai intensitas yang menonjol dibandingkan dengan background-nya. Nilai yang sangat berbeda antara objek dan background inilah yang kemudian digunakan untuk membedakan keduanya berdasarkan suatu nilai batas atau threshold. Batas tersebut menjadikan sebuah piksel bernilai 0 atau 1 pada segmentasi bimodal. Proses thresholding menemukan area dari objek yang dicari. Pada bimodal segmentation, thresholding akan memberi nilai 0 pada piksel dengan intensitas di bawah batas dan 1 pada piksel dengan intensitas di atas batas atau sebaliknya. Persamaan proses thresholding untuk bimodal yang menghasilkan citra biner, dapat dilihat pada persamaan [9].

$$\text{Nilai biner}(x, y) = \begin{cases} 1, & I(x, y) \geq \text{batas} \\ 0, & I(x, y) < \text{batas} \end{cases} \quad (1)$$

Thresholding membuat citra baru dengan nilai ambang tertentu. Hal ini berguna menyederhanakan gambar jadi bentuk biner untuk analisis lebih lanjut [10].

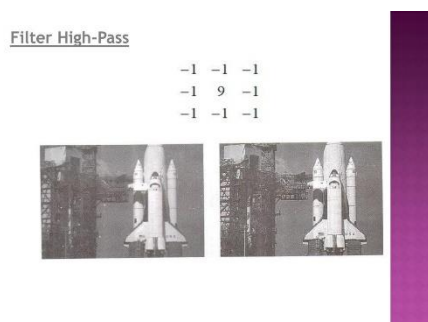
b. Histogram



Gambar 3. Histogram citra

Histogram citra sangat berkaitan dengan berbagai teknik pengolahan citra, terutama metode-metode yang tergolong dalam operasi titik. Histogram citra menunjuk pada histogram dari nilai intensitas pixel. Histogram menampilkan banyaknya pixel dalam suatu citra yang dikelompokkan berdasarkan level nilai intensitas pixel yang berbeda. Pada citra grayscale 8 bit, terdapat 256 level nilai intensitas yang berbeda maka pada histogram akan ditampilkan secara grafik distribusi dari masing-masing 256 level nilai pixel tersebut [11].

2.1 Metode High Pass Filter



Gambar 4. High pass filter

High-Pass Filter (HPF) atau *penapis lolos tinggi* merupakan salah satu teknik penajaman (*sharpening*) dalam pengolahan citra digital. Tujuan utama dari penajaman adalah untuk menekankan detail-detail halus atau meningkatkan kejelasan objek yang sebelumnya kabur akibat proses akuisisi citra atau faktor lain. HPF secara khusus dirancang untuk menyaring komponen frekuensi rendah dalam citra—seperti area homogen atau perubahan gradien yang lambat—dan mempertahankan komponen frekuensi tinggi yang biasanya merepresentasikan tepi, garis halus, atau detail kecil. Dengan kata lain, HPF mengambil informasi penting yang berkaitan dengan perubahan tajam dalam intensitas piksel, sambil mengabaikan bagian-bagian gambar yang datar atau kurang kontras [12][13].

Penerapan HPF sangat penting dalam peningkatan struktur dan kontur objek yang tidak terlalu tampak dalam citra asli. Dalam konteks ini, HPF sering dikombinasikan dengan metode lain, seperti *contrast stretching*, untuk memperjelas hasil akhir dan meningkatkan visualisasi secara menyeluruh [14][15].

Berbeda dari filter *low-pass* yang cenderung menghaluskan gambar dan mengurangi noise dengan menekan frekuensi tinggi, HPF memiliki efek sebaliknya—menonjolkan perbedaan kontras lokal dan memperkuat struktur detail. Sementara itu, *band-pass filter* berfungsi menyaring frekuensi dalam rentang tertentu, sehingga digunakan dalam konteks yang lebih selektif tergantung kebutuhan. Secara teknis, proses filtering dilakukan dengan operasi matematika pada piksel citra berdasarkan nilai tetangganya. Untuk tujuan deteksi tepi, misalnya pada citra satelit, citra keabuan sering dikonversi terlebih dahulu menjadi citra biner dengan ambang batas tertentu. Perbedaan intensitas antara piksel dan tetangganya kemudian digunakan untuk menentukan keberadaan tepi. Piksel yang menunjukkan perubahan signifikan ditandai sebagai bagian dari tepi. Teknik ini memperkuat hasil dari HPF dalam penegasan kontur objek [16].

Ideal *High-pass Filter* merupakan kebalikan dari Ideal *Low pass Filtering*. IHPF memberikan nilai 0 untuk semua frekuensi di dalam lingkaran radius D_0 ketika dilewati, tanpa melemahkan semua frekuensi di luar lingkaran diset menjadi satu :

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (2)$$

Ket :

$H(u, v)$: fungsi filter

D_0 : konstanta positif (cutoff frekuensi)/titik pusat transformasi
 $D(u,v)$: jarak antara titik (u,v) dalam dominan frekuensi dan pusat persegi panjang frekuensi

$$D(u,v) = [(u - P/2)^2 + (Q/2)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Butterworth Highpass Filter merupakan kebalikan dari BLPF, memberikan nilai 0 untuk semua frekuensi di dalam lingkaran radius D_0 .

$$H(u,v) = 1 - \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u,v)}\right]^{2n}} \quad (4)$$

Ket :

$H(u,v)$: fungsi filter
 D_0 : konstanta positif (cutoff frekuensi)/titik pusat transformasi
 $D(u,v)$: jarak antara titik (u,v) dalam dominan frekuensi dan pusat persegi panjang frekuensi
 n : order

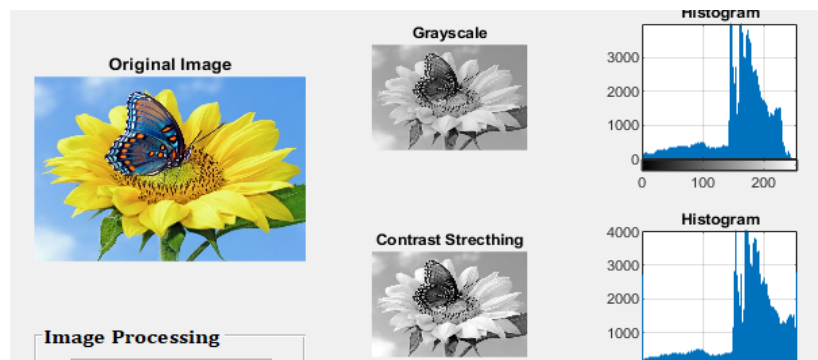
Fungsi GHPF dengan cutoff frequency terletak pada jarak D_0 dari origin

$$H(u,v) = 1 - e^{-D^2(u,v)/2D_0^2} \quad (5)$$

Ket :

$H(u,v)$: fungsi filter
 D_0 : konstanta positif (cutoff frekuensi)/titik pusat transformasi
 $D(u,v)$: jarak antara titik (u,v) dalam dominan frekuensi dan pusat persegi panjang frekuensi
 Nilai e : 2,718281828459 (*logaritma natural*) [17].

2.2 Metode *Contrast Stretching*



Gambar 5. *Contrast stretching*

Contrast stretching ini adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan citra baru dengan kontras yang lebih baik daripada kontras dari citra asalnya. Citra yang memiliki kontras rendah dapat terjadi karena kurangnya pencahayaan, kurangnya bidang dinamika dari sensor citra, atau kesalahan setting pembuka lensa pada saat pengambilan citra. Ide dari proses *Contrast Stretching* adalah untuk meningkatkan bidang dinamika dari *gray level* di dalam citra yang akan diproses. Proses *Contrast Stretching* termasuk proses perbaikan citra yang bersifat *point processing*, yang artinya proses ini hanya tergantung dari nilai intensitas (*gray level*) satu pixel, tidak tergantung dari pixel lain yang ada di sekitarnya. Gambar menunjukkan transformasi tipikal yang digunakan untuk *Contrast Stretching*. Disini diasumsikan bahwa citra memiliki range *gray level* dari 0 sampai 255. Pada gambar 1, c adalah *gray level* dari citra sebelum diproses dan d adalah *gray level* dari citra setelah diproses. Titik (c_1, d_1) dan titik (c_2, d_2) akan menentukan bentuk dari fungsi transformasi, dan dapat diatur untuk menentukan tingkat penyebaran *gray level* dari citra yang dihasilkan [18].

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (6)$$

Contrast stretching dilakukan dengan proses mapping. Proses *mapping* adalah proses pembentukan nilai RGB baru yang memenuhi syarat sebagai nilai RGB yang memiliki nilai kontras yang baik. Proses *mapping* dilakukan dengan mencari range batas atas dan batas bawah nilai RGB input citra [19]. Kadang-kadang selama akuisisi gambar, gambar kontras rendah mungkin terjadi karena salah satu alasan berikut, pencahayaan yang buruk, kurangnya rentang dinamis pada sensor gambar dan pengaturan bukaan lensa yang salah. Ide di balik *Contrast Stretching* adalah untuk meningkatkan rentang dinamis tingkat abu-abu dalam gambar yang sedang diproses [20]. Peregangan Kontras adalah teknik untuk meningkatkan kejernihan visual gambar dengan memperbesar perbedaan tingkat keabuan antar piksel. Ini termasuk dalam operasi titik, yang bekerja langsung pada nilai piksel. Kontras menunjukkan perbedaan antara objek dan latar belakangnya, dan dinyatakan sebagai rasio antara intensitas maksimum dan minimum (terang dan gelap) [21].



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penerapan Metode High Pass Filtering

Metode *high pass filtering* dan *contras stretching* akan diterapkan dalam perbaikan kualitas citra. Citra yang digunakan penulis adalah berjenis JPG, beresolusi 200x200 dan citra dengan grayscale dengan 256 tingkat keabuan. Langkah yang dilakukan dalam tahap proses analisa citra yaitu menginputkan sebuah citra. Misalkan citra $f(x,y)$ berwarna 200 pixel seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Citra input 200 pixel

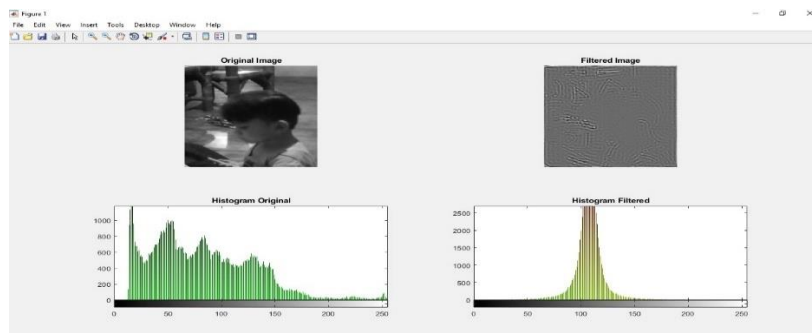
Untuk melakukan proses peningkatan kualitas citra, citra original diubah ke dalam citra grayscale Grayscale yang digunakan menggunakan pembobotan nilai luminance RGB sebagaimana persamaan [22]. Untuk nilai graylevel merupakan hasil penjumlahan nilai $R + G + B$ dari masing-masing pixel dibagi 3. Rumus yang digunakan adalah:

$$Graylevel = \frac{R+G+B}{3} \tag{7}$$

Berikut ini nilai RGB dari masing-masing pixel citra pada Gambar 6:

Tabel 1. Nilai RGB

Pixel	R	G	B
0	255	153	206
1	222	143	118
2	108	69	126



Gambar 7. Citra High Pass filter

Perhitungan proses filtering di dalam domain frekuensi dimulai dengan memasukkan citra grayscale dengan ukuran 3 x 3 piksel dengan nilai intensitas pixelnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Pixel 3x3 pertama citra grayscale semula

255	153	206
222	143	118
108	69	126

Kemudian dilakukan proses tranformasi Fourier untuk menghasilkan matriks ukuran 3x3 pixel yang berisi bilangan kompleks dari citra grayscale. Proses tranformasi yang dilakukan menggunakan Fast Fourier Transform 2D dimana proses tranformasi dilakukan baris perbaris kemudian dilanjutkan dengan kolom perkolom.

$$F(0,0) = \frac{1}{3} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp \left[-\frac{2j\pi ux}{3} \right] = \frac{1}{3} \sum_{z=0}^3 f(x) \left(\cos \left(\frac{2\pi ux}{3} \right) - j \sin \left(\frac{2\pi ux}{3} \right) \right) \tag{8}$$



$$F(0,0) = \frac{1}{3}(225[1 - 0] + 153[1 - 0] + 206[1 - 0]) = \frac{1}{3}(225 + 153 + 206) = \frac{1}{3}(584) = 195 \quad (9)$$

$$F(0,1) = \frac{1}{3}([225] + [152.97 - 1.67j] + [205.92 - 2.19j]) = \frac{1}{3}(583.89 - 3.84j) = 194.63 - 1.27j \quad (10)$$

$$F(0,2) = \frac{1}{3}([225] + [152.88 - 3.29j] + [205.68 - 4.37j]) = \frac{1}{3}(583.56 - 7.65j) = 194.52 - 2.55j \quad (11)$$

$$F(1,0) = \frac{1}{3}(222[1 - 0] + 143[1 - 0] + 118[1 - 0]) = \frac{1}{3}(222 + 143 + 118) = \frac{1}{3}(483) = 161 \quad (12)$$

$$F(1,1) = \frac{1}{3}([222] + [142.88 - 6.57j] + [117.76 - 6.57j]) = \frac{1}{3}(482.64 - 13.15j) = 160.88 - 4.38j \quad (13)$$

$$F(1,2) = \frac{1}{3}([222] + [142.88 - 13.14j] + [117.04 - 13.11j]) = \frac{1}{3}(482.92 - 26.26j) = 160.64 - 8.74j \quad (14)$$

$$F(2,0) = \frac{1}{3}(108 + [1 - 0] + 69[1 - 0] + 126[1 - 0]) = \frac{1}{3}(108 + 69 + 126) = \frac{1}{3}(303) = 101 \quad (15)$$

$$F(2,1) = \frac{1}{3}(108 + [68.88 - 6.57j] + [125.88 - 6.58j]) = \frac{1}{3}(302.76 - 6.58j) = 100.92 - 2.19j \quad (16)$$

$$F(2,2) = \frac{1}{3}([108] + [68.88 - 13.14j] + [125.68 - 13.11j]) = \frac{1}{3}(302.56 - 13.14j) = 100.85 - 4.38j \quad (17)$$

Proses transformasi untuk tiap-tiap baris maka dihasilkan matriks baru :

Tabel 3. Matriks baru

195	195	195
161	161	161
101	101	101

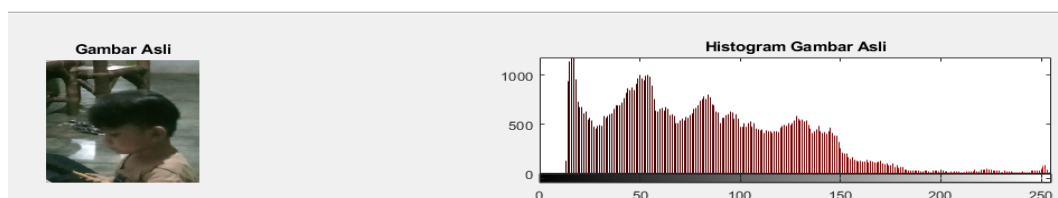
3.2 Penerapan Metode *Contras Stretching*

Gambar asli dan histogramnya menunjukkan rentang intensitas piksel sekitar 0 hingga 250, namun sebagian besar nilai intensitas terkonsentrasi dalam rentang sempit antara 10 hingga 150. Hal ini mengindikasikan bahwa kontras gambar relatif rendah karena nilai intensitas tidak tersebar merata di seluruh rentang yang tersedia. Setelah dilakukan proses *contrast stretching*, rentang intensitas piksel diperluas sehingga distribusi nilai intensitas menyebar lebih merata dari level gelap hingga terang. Dapat dilihat peningkatan intensitas citra pada area dengan detail halus dan tepi, yang sebelumnya terlihat kurang jelas. Perubahan ini membuat gambar menjadi lebih tajam dan kontrasnya lebih baik, sehingga struktur dan kontur objek menjadi lebih mudah dikenali dan dianalisis secara visual berikut langkah-langkahnya:

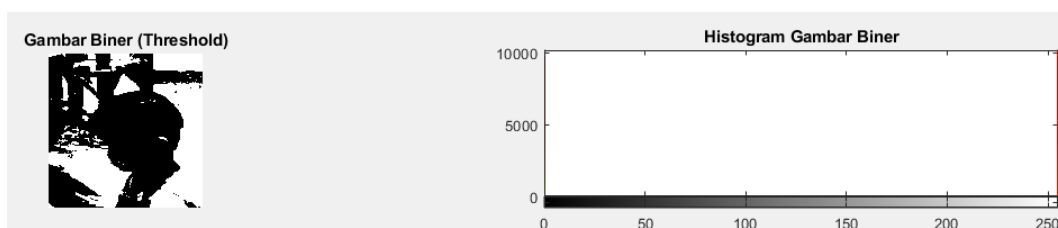
1. Carilah batas bawah pengelompokkan pixel melalul *scan* (memindai) histogram dari nilai keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0-225) untuk mendapatkan pixel pertama yang melebihi nilai ambang pertama. Nilai ambang di dapat dengan merubah citra awal ke bentuk *grayscale* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (6)$$

T merupakan nilai yang dikehendaki, dan nilai ambang T_1, T_2, \dots, T_n dan syarat ambang batasnya ditentukan sesuai kehendak. Karena setiap gambar mempunyai warna yang berbeda, maka diperlukan proses pengembangan adaptif (*adaptive thresholding*) agar diperoleh nilai yang optimal. Hasil dari proses pengembangan ini ialah citra hitam putih (*biner*). Dengan menginputkan nilai ambang (*threshold*) $T_1 = 50, T_2 = 100, T_3 = 150$. Maka hasil pengembangan dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 3.1 Citra asli dan histogram



Gambar 3.2 Citra hasil *Threshold* (pengembangan)



Dari gambar 2. histogram diatas dapat dilihat bahwa nilai terkecil dan yang menjadi nilai ambang pertama ialah bernilai 0.

2. Mencari batas atas pengelompokan piksel dengan cara memindai histogram dari nilai keabuan tertinggi kenilai keabuan terendah (255 – 0) untuk menemukan piksel pertama yang lebih kecil dari nilai ambang kedua yang dispesifikasikan.
3. Dari gambar 3.3 histogram diatas dapat dilihat bahwa nilai ambang kedua yaitu 245 Piksel-piksel yang berada di bawah nilai ambang pertama di-set sama dengan 0, sedangkan piksel-piksel yang berada di atas nilai ambang kedua di-set samadengan 255. Nilai yang ≥ 150 diset 255 Nilai yang < 150 diset jadi 0.

Tabel 4. Pixel 3x3 pertama citra *grayscale* semula

129	133	136
157	162	167
209	217	223

Tabel 5. Pixel citra biner

0	0	0
255	255	255
255	255	255

Dari tabel di atas dapat dilihat piksel-piksel yang nilai intensitasnya di bawah nilai 150 diubah menjadi 0 (hitam), sedangkan piksel-piksel yang nilai intensitasnya bernilai 150 atau lebih diubah menjadi 255 (warna putih).

4. Pixel-pixel yang berada di antara nilai ambang pertama dan nilai ambang kedua dipetakan (diskalakan) untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap (0 sampai 255) dengan persamaan $s = \frac{r-max}{r_{min}-r_{max}} x255$

Ket :

r adalah nilai keabuan dalam citra semula

s adalah nilai keabuan yang baru

r_{min} adalah nilai keabuan terendah dari kelompok pixel

r_{max} adalah nilai keabuan tertinggi dari kelompok pixel

Dibawah ini ialah perhitungan peningkatan kontras menggunakan persamaan *contras stretching* :

$$piksel (1,1) = s = \frac{129-255}{11-255} x255 = \frac{-126}{-244} \times 255 = 0,51 \approx 1 \tag{18}$$

$$piksel (1,2) = s = \frac{133-255}{11-255} x255 = \frac{-122}{-244} \times 255 = 0,5 \approx 1 \tag{19}$$

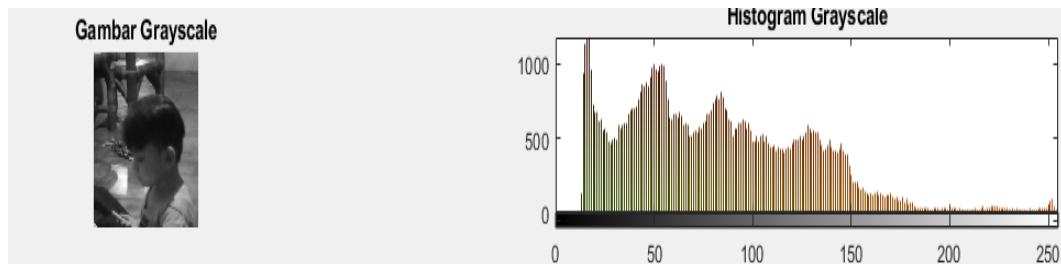
$$piksel (1,3) = s = \frac{136-255}{11-255} x255 = \frac{-119}{-244} \times 255 = 0,48 \approx 0 \tag{20}$$

Selanjutnya nilai r_1 , r_2 , s_1 , dan s_2 yang dipilih user dimasukkan kedalam variabel untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Agar distribusi intensitas piksel berubah perlu dilakukan peregangan kontras. Hal ini dilaksanakan dengan menggunakan fungsi:

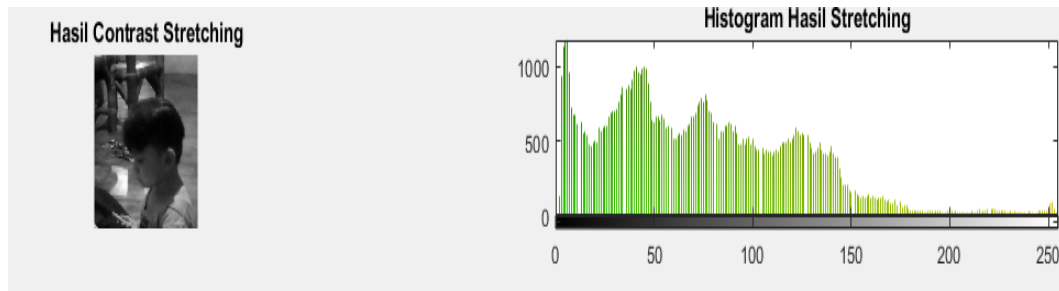
$$jika r_1 \leq r_2 \text{ dan} \tag{21}$$

$$jika s_1 \leq s_2 \tag{22}$$

Pada citra yang diteliti di sini penulis menginputkan nilai $r_1= 11$, $r_2= 255$, $s_1= 0$, dan $s_2 = 255$. Maka hasil ahir dari proses contrast stretching ini terlihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.5 Citra grayscale

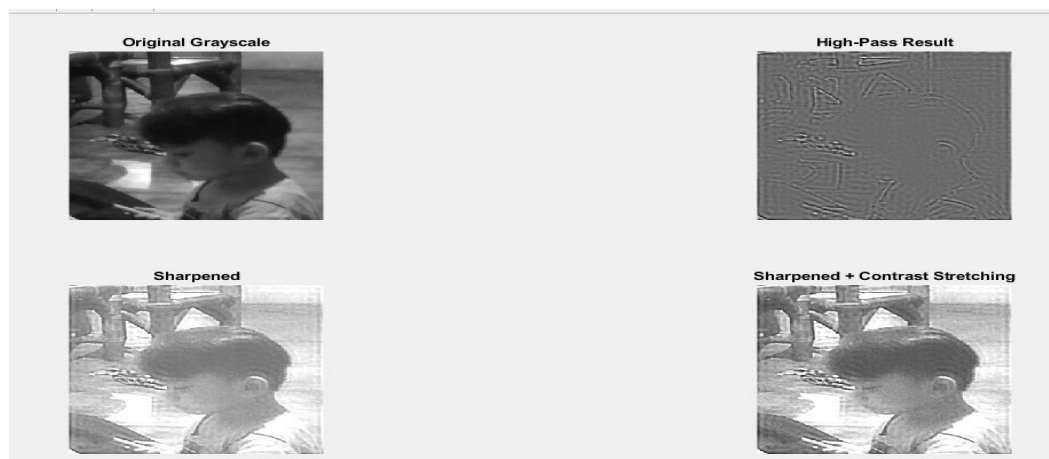


Gambar 3.6 Citra Contrast stretching

3.3 Kombinasi antara High Pass Filtering dan Contrast Stretching

Gambar tersebut menunjukkan tahapan pemrosesan citra yang menggunakan gabungan beberapa metode untuk meningkatkan kualitas visual gambar. Proses dimulai dengan citra asli dalam format grayscale yang belum mengalami modifikasi. Selanjutnya, diterapkan metode *high-pass filtering* yang berfungsi untuk mengekstraksi komponen frekuensi tinggi pada citra, seperti tepi dan detail halus, dengan mengabaikan area datar atau perubahan intensitas yang lambat. Hasil dari filter ini kemudian digunakan dalam tahap penajaman (*sharpening*) dengan cara menambahkan hasil high-pass ke citra asli, sehingga tepi-tepi dan detail menjadi lebih menonjol dan tajam.

Namun, citra yang telah ditajamkan sering kali masih memiliki kontras yang kurang optimal. Oleh karena itu, dilakukan tahap lanjutan berupa *contrast stretching*, yaitu proses yang merentangkan rentang nilai intensitas piksel agar mencakup rentang penuh dari gelap hingga terang (biasanya 0–255). Tahap akhir ini menghasilkan citra yang tidak hanya tajam, tetapi juga memiliki kontras yang lebih seimbang dan detail yang lebih mudah dikenali oleh mata manusia. Gabungan ketiga metode ini *high-pass filtering*, *sharpening*, dan *contrast stretching* mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas visual citra *grayscale*.



Gambar 3.7 Citra kombinasi antara High Pass Filtering dan Contrast Stretching

4. KESIMPULAN

Citra digital memiliki keunikan dibanding data teks karena mampu menyampaikan informasi visual yang kaya dan kompleks. Dalam bidang medis, penginderaan jauh, keamanan, dan media sosial, citra membantu analisis dan pengambilan keputusan. Namun, kualitas citra sering menurun akibat noise, kabur, rendahnya ketajaman, atau kontras yang lemah. Terutama citra bawah air menghadapi tantangan seperti penyerapan dan penyebaran cahaya yang tidak merata, sehingga tampak gelap dan buram. Oleh karena itu, peningkatan kualitas citra menjadi sangat penting.

Dua metode utama yang digunakan adalah High Pass Filtering (HPF) dan Contrast Stretching. HPF menonjolkan detail dan tepi halus dengan menyaring frekuensi rendah dan mempertahankan frekuensi tinggi. Sedangkan Contrast Stretching memperluas rentang intensitas piksel agar kontras antara objek dan latar menjadi lebih jelas. Dalam penelitian ini, citra berwarna beresolusi 200x200 piksel diubah ke grayscale menggunakan rata-rata nilai R, G, dan B. Selanjutnya, citra dikonversi ke domain frekuensi dengan transformasi Fourier dua dimensi (FFT 2D). Metode High Pass Filter ideal, Butterworth, dan Gaussian diterapkan berdasarkan jarak dari pusat domain frekuensi. Setelah filtering, citra kembali ke domain spasial dan diolah dengan contrast stretching untuk memperjelas tampilan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi HPF dan contrast stretching secara signifikan meningkatkan ketajaman dan kontras citra, sehingga detail penting menjadi lebih terlihat dan gambar lebih informatif untuk analisis lanjutan. Sebagai pengembangan, metode ini dapat diterapkan pada citra beresolusi lebih tinggi atau dikombinasikan dengan teknik denoising dan koreksi warna untuk



kualitas visual yang lebih optimal. Selain itu, penerapan real-time pada sistem pengawasan bawah air atau medis bisa menjadi arah riset berikutnya.

REFERENCES

- [1] D. Prasetya, Y. D. Lestari, and A. Budiman, "Perbaikan Kualitas Citra Dengan Kombinasi Metode Contrast Stretching Dan Metode Konvolusi," *J. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun.*, pp. 437–442, 2020.
- [2] Sidik, Firmansyah, and S. Anwar, "Perbaikan Citra Malam (Tidak Infrared) Dengan Metode," *J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Komput. Vol. 4. No. 2 Februari 2019 E-Issn 2527-4864*, vol. 4, no. 2, pp. 203–210, 2019.
- [3] A. M. Lubis, N. A. Hasibuan, and I. Saputra, "Perbandingan Metode Homomorphic Filtering Dan Metode Contrast Streching Untuk Perbaikan Kualitas Citra Underwater," *KOMIK (Konferensi Nas. Teknol. Inf. dan Komputer)*, vol. 2, no. 1, pp. 209–215, 2018, doi: 10.30865/komik.v2i1.928.
- [4] N. Wakhidah, "Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode Contrast Stretching," *J. Transform.*, vol. 8, no. 2, p. 78, 2011, doi: 10.26623/transformatika.v8i2.48.
- [5] Z. Zidan, "Perbaikan Kualitas Citra Digital Pada Gambar Yang Gelap Untuk Mengidentifikasi Target Dengan Metode Contrast Stretching," UIN-Ar-Raniry, 2023.
- [6] J. Zhang *et al.*, "HF-SENSE: An improved partially parallel imaging using a high-pass filter," *BMC Med. Imaging*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1186/s12880-019-0327-3.
- [7] A. Fahrurrozi, N. Nugraha, and D. Rimirasih, *Sistem Klasifikasi Kayu Berbasis Citra Tekstur Menggunakan Machine Learning*. uwaiss inspirasi indonesia, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=5PykEAAAQBAJ>
- [8] Mustakim *et al.*, *Pengolahan Citra Digital*. Cendikia Mulia Mandiri, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=s0pLEQAAQBAJ>
- [9] H. Fitriyah and R. C. Wihandika, *Dasar-Dasar Pengolahan Citra Digital*. Universitas Brawijaya Press, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=LoNTEAAAQBAJ>
- [10] M. Kusban, *Pengolahan Citra dengan Matlab*. Surakarta: Muhammadiyah University Press, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=HmDqEAAAQBAJ>
- [11] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. Penerbit Andi, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=NectMutqXJAC>
- [12] M. A. R. Tanjung, *Image Enhancement Menggunakan Metode High- Pass Filter Dan Fast Fourier Transform Pada Citra Telapak Tangan*. 2021.
- [13] A. Makandar and B. Halalli, "Image Enhancement Techniques using Highpass and Lowpass Filters," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 109, no. 14, pp. 21–27, 2015, doi: 10.5120/19256-0999.
- [14] Y. Khairunisa *et al.*, *Dasar-Dasar Pemrograman*. Yogyakarta: PT Penamuda Media, 2023.
- [15] O. Veza, S. Agustini, and J. Harnaranda, *Pengenalan Dasar Pengolahan Citra*. Batam: Cendikia Mulia Mandiri, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=7lhaEQAAQBAJ>
- [16] K. C. Kirana, *Pengolahan Citra Digital: Teori dan Penerapan Pengolahan Citra Digital pada Deteksi Wajah*. Malang: Ahlimedia Book, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=cN1SEAAAQBAJ>
- [17] E. Simarmata, "Implementasi Metode High Pass Filtering Dan Metode Contrast Streching Dalam Perbaikan Kualitas Citra," *J. Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 31–38, 2022, doi: 10.47065/jieee.v2i2.386.
- [18] I. Yudistiawan, "Implementasi Metode Contrast Stretching Untuk Penajaman Citra Digital," *Buffer Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 18–24, 2018, doi: 10.25134/buffer.v4i2.1470.
- [19] F. A. Sianturi, "Penerapan Metode Contrast Stretching Untuk Peningkatan Kualitas Citra Bidang Biomedis," *J. Mantik Penusa*, vol. 18, no. 2, pp. 70–75, 2015.
- [20] S. Annadurai, *Fundamentals of Digital Image Processing*. in Always learning. Pearson, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=wM8QRLXJFwC>
- [21] A. Dumka, A. Ashok, P. Verma, and P. Verma, *Advanced Digital Image Processing and Its Applications in Big Data*. CRC Press, 2020. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=_goHEAAAQBAJ
- [22] F. D. Adhinata, A. C. Wardhana, and D. P. Rakhmadani, "Peningkatan Kualitas Citra pada Citra Digital Gelap," *Jurnal E-KOMTEK (Elektro-Komputer-Teknik)*, vol. 4, no. 2, pp. 136–144, 2020.